



laboratoire eau environnement systemes urbains



UNIVERSITÉ
PARIS-EST CRÉTEIL
VAL DE MARNE



LIFE ADSORB



BUREAU D'INGÉNIERIE
RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT



PARIS SACLAY



SCIENCE & IMPACT

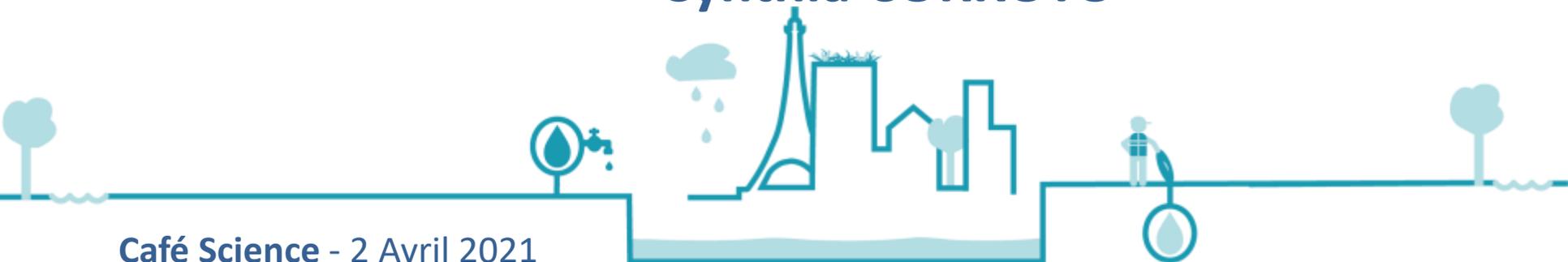


ParisTech

L'élimination des micropolluants des eaux de pluie par adsorption – Project Life - Adsorb (B3)

Leesu (ENPC, UPEC)

Cynthia CORROTO





- ❖ **Présentation personnelle**
- ❖ **Project Life-Adsorb**
- ❖ **Objectif**
- ❖ **Bibliographie**
- ❖ **Activités à développer**
- ❖ **Proposition d'expériences**
- ❖ **Simulation – Calculs**
- ❖ **Conclusion**

Cynthia CORROTO



Population estimée
(2018)

44,691,886

Génie chimique
(UNT)

Stage ENSCP
(Paris-France)

AySA S.A.

Spécialisation en
génie sanitaire
(UBA)

PhD (UBA)

Elimination de l'arsenic



Laterite



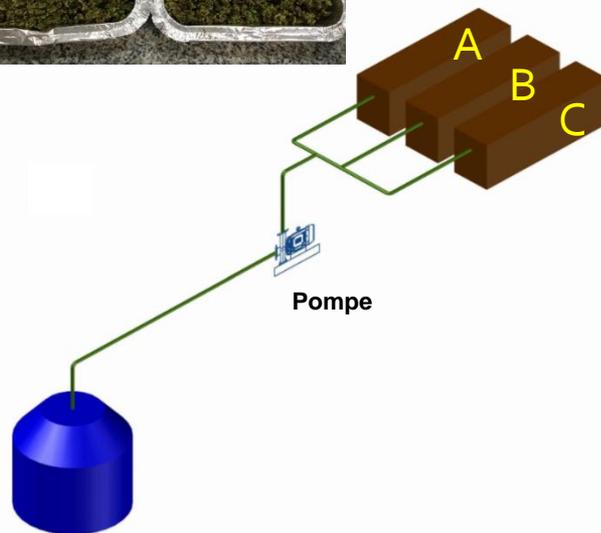
Misiones



Azolla filiculoides



Pilotes (Constructed wetlands)



Elimination des nitrates



Bioélimination

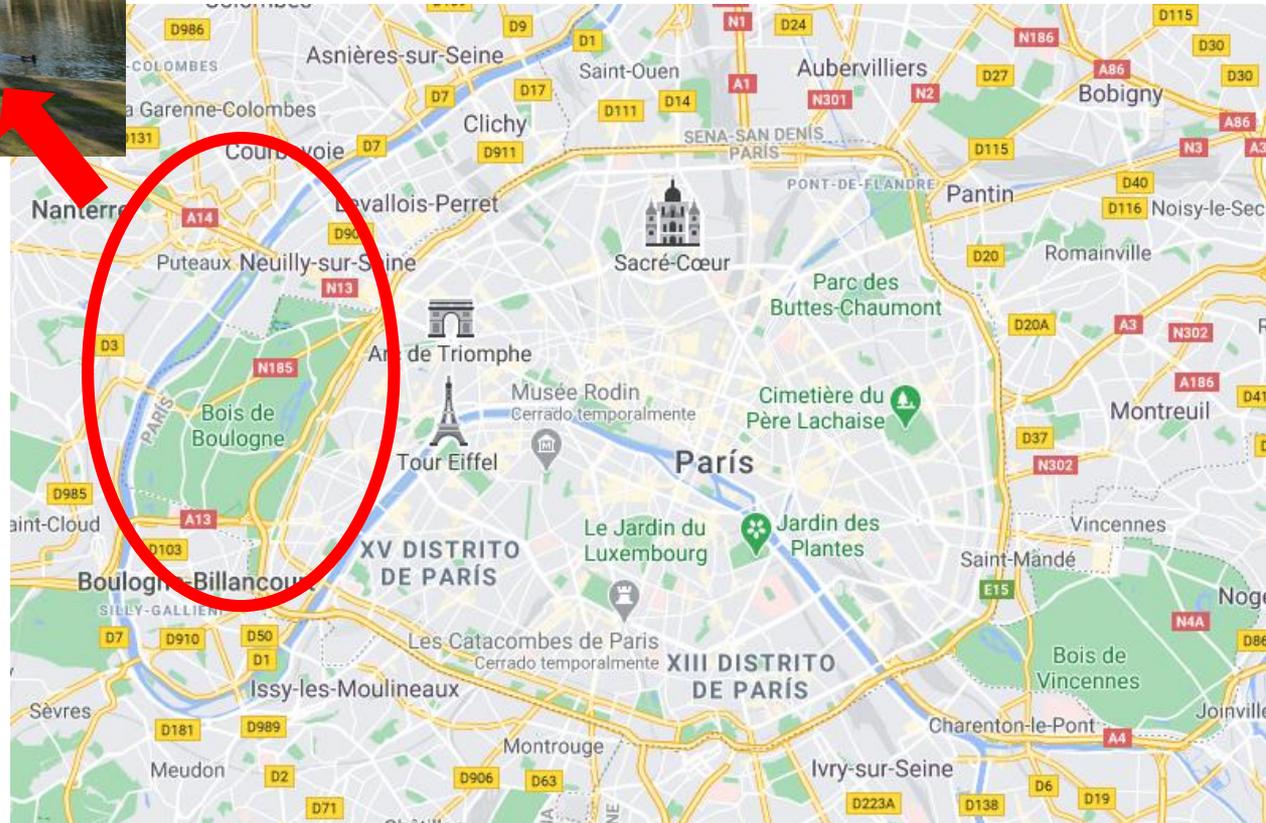
Osmose inversée



Adsorption

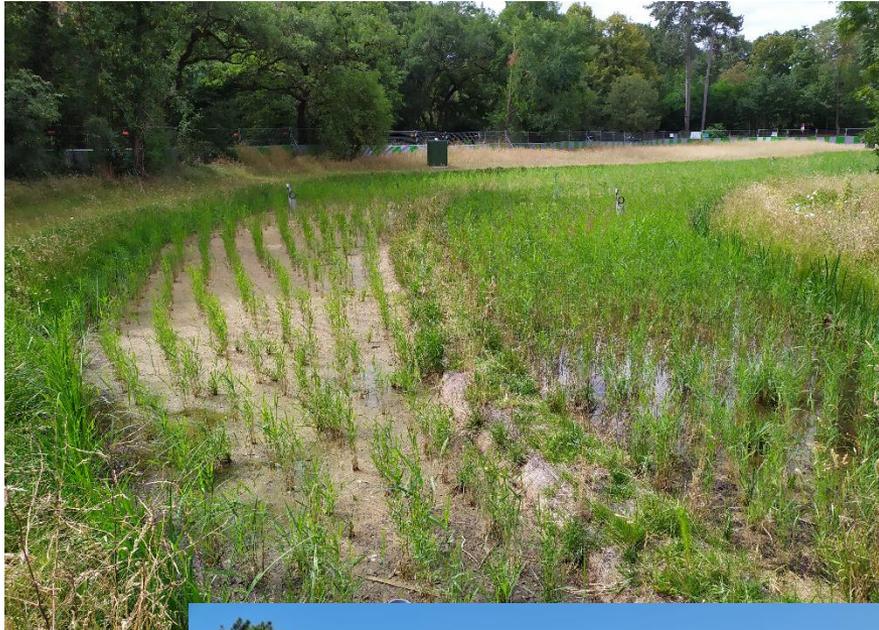


Projet Life-Adsorb



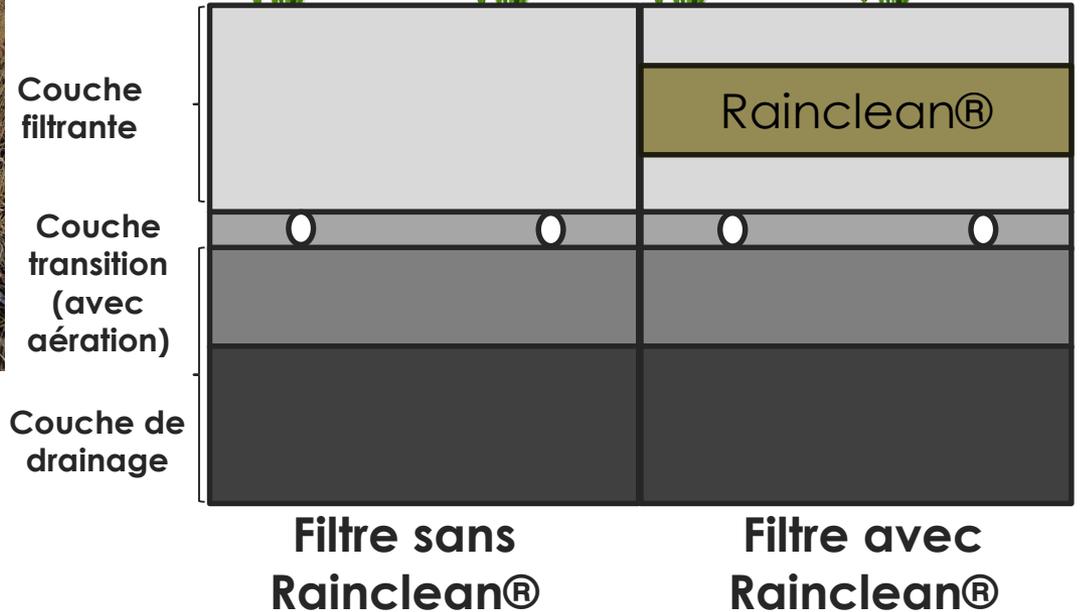
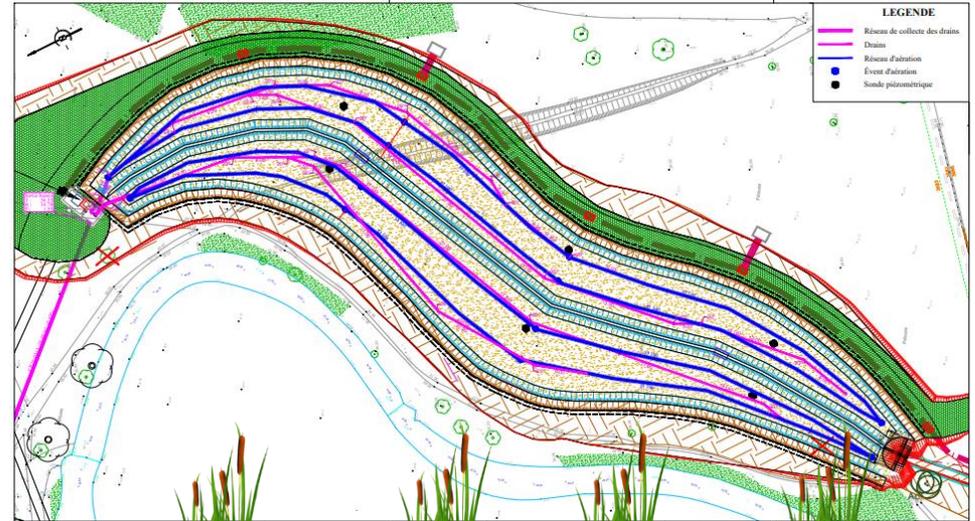


Bois de Boulogne





Bois de Boulogne





Structure du filtre

Structure et Matériaux. Ils sont proposés 2 filtres comme miroirs de structure différents:

Structure Classique (Filtre de sable plantée)

- 40 cm de sable fin
- 10 cm de gravier fin
- 20 cm de gravier drainant
- 30 cm de granulats saturés en eau

Nouvelle Structure (Intégration de Rainclean®)

- 10 cm de sable fin
- 20 cm de Rainclean®
- 10 cm de sable fin
- 10 cm de gravier fin
- 20 cm de gravier drainant
- 30 cm de granulats grossiers saturés en eau



Projet Life-Adsorb





Objectif Postdoc...

L'objectif de l'action B3 est de caractériser et d'évaluer le matériau (Rainclean®) utilisé dans la construction du prototype du biofiltre implanté à Bugeaud afin d'éliminer les micropolluants des eaux de ruissellement. Il cherche à développer un protocole simple qui nous permet de déterminer la viabilité du matériau à utiliser. Aussi, proposer des matériaux disponibles sur le marché et / ou dans la nature qui peuvent être des adsorbants potentiels.

Rainclean®





Matériau adsorbant	Matériaux et méthodologie générale	Durée	Direction du flux	Solution étudiée	Modèles utilisés	Contaminant (concentration initiale)	Observations	Auteurs
Sol	- Colonne plastique - Longueur: 10 cm - Diamètre: 1.2 cm		Ascendant	Synthétique	-Modèle de transport d'équilibre -Modèles chimiques hors équilibre	Zn (5, 10, 15, 20, 40, 60, 80 et 100 mg/L)	L'expérience a été arrêtée lorsque la concentration finale a été identique à la concentration initiale.	Behroozi et al., 2020
Sol	-Colonne plexiglas - Longueur: 100 cm - Diamètre: 10 cm	79 min	Ascendant	Synthétique et réelle	Modèle de transport d'équilibre -Modèles chimiques hors équilibre -Hydrus-1D	Ammonium	L'étude n'a pas été faite avec réplica car cela n'est pas nécessaire lorsque la taille de la colonne est grande.	Jellali et al., 2020
Déchets lignocellulosiques (Charbon activé)	-Colonne plexyglass - Longueur: 30 cm - Diamètre: 4.5 cm		Ascendant		-Thomas -Adams Bohart -Yoon Nelson	Cuivre (50, 70 et 100 mg/L)		Chowdhury et al., 2015
Sol	-Colonne plexiglas – Longueur: 30 cm - Diamètre: 2.5 cm		Descendant (test vertical)	Synthétique	- CXTFIT -Hydrus-1D	Phénol ((1, 5, 8, 10, 15 et 20 mg/L)	Les tests en colonne ont été réalisés en colonne verticale et également en colonne horizontale.	Pal et al., 2014



Matériau Adsorbant	Matériaux et méthodologie générale	Temps	Flux	Solution	Modèles utilisés	Contaminant (concentration initial)	Observations	Auteur
-Anthracite -Alumine activée granulaire -Charbon réactivé granulaire -Hydroxyde ferrique granulaire -Carbonate de calcium -Lignite activée granulaire	-Colonne verre -Longueur: 40 cm - Diamètre: 2 cm	4 semaines	Descendant	Synthétique	-Courbe de percée	Cu (2.5 mg/L) Ni (2.5 mg/L) Zn (5 mg/L)		Huber et al., 2016
Sol	-Colonne verre (expérience avec 1 contaminant) -Long, 33 cm - Diamètre, 2.6 cm -Colonne polyuréthane (expérience avec plusieurs contaminants) -Longueur 28 cm - Diamètre: 1.3 cm	2-25 jours	Descendant	Synthétique et réelle	-Thomas -Adams Bohart -Yoon Nelson	-Phosphate (0.5 mg/L)* ^a -Zinc (0.5 mg/L)* (0.2 mg/L)** -Caféine (0.5 mg/L)* (0.2 mg/L)** -E. coli (agents pathogènes) *Expériences avec un contaminant ** Expériences avec plusieurs contaminants a Concentration utilisée aussi pour les expériences avec plusieurs contaminants	Des expériences ont été menées avec de l'eau synthétique avec des contaminants uniques et multiples ainsi qu' avec des eaux de ruissellement réelles enrichies de plusieurs contaminants. Les auteurs ont également testé la lixiviation possible des contaminants adsorbés.	Vu et Wu, 2019

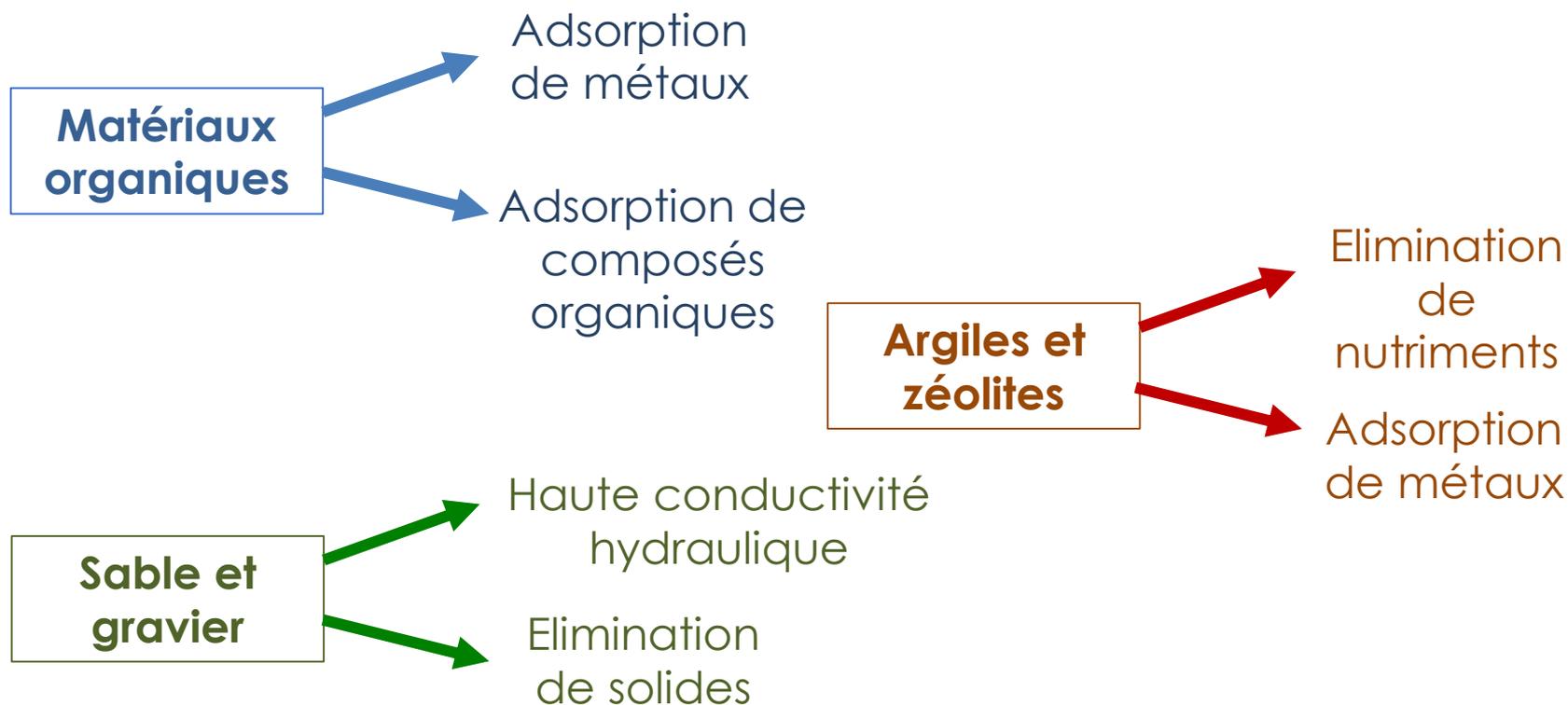


Matériaux testés

MATERIAUX	CARACTÉRISTIQUES
Biochar	Grandes porosités et groupes fonctionnels acides que permettent d'éliminer composées organiques par diffusion et les métaux par complexation. Effective aussi par l'enlèvement d'agents pathogènes. Surface élevé mais le conductivité hydraulique ce bas.
Compost	Elevé humidité avec laquelle peut favoriser l'élimination des métaux par complexation et élimination des composés organiques. Jusqu'à aujourd'hui seulement à montrer sa capacité à réduire le volume de ruissellement des eaux pluviales.
Copeaux de bois	Ce utilise plus pour l'élimination de nitrates. Inférieure à l'affinité de sorption du biochar.
Inorganiques matériaux	Sable, zéolite, hydroxydes métalliques et autres métaux. Sorption par interaction électrostatique et le complexation d'espèces chargées telles que les nutriments, les métaux et les contaminants organiques.
Sable	Haute hydraulique conductivité et capacité d'infiltration. Effective pour l'élimination de TSS. Bas l'élimination de composés organiques. Elimination de hydrocarbures seulement dans le laboratoire.
Argiles et zéolites	Matériaux naturel. Grande surface spécifique, haute affinité et sélectivité par les métaux, capacité de change d'ion, capacité à retenir de l'eau et bas toxicité. La caractéristique du pores peut favoriser la séquestration structurelle et la diffusion intraparticulaire des contaminants inorganiques et organiques.
Matériau à base de Fer	Haute élimination de solides, agents pathogènes, métaux, nutriments et hydrocarbures. Plus utilisé pour l'élimination des métaux. Conductivité hydraulique bas.
Oxyde métalliques	Ils forment floccs que peut obstruer le passage de l'eau et diminuer le conductivité hydraulique.
Sable recouvert d'oxyde de Fer	Ils sont toujours bons pour l'immobilisation des métaux mains aussi pour quelques micro-organismes telles que les indicateurs de bactéries fécales.
Sable recouvert d'oxyde de Mn	Il présent certaine réaction redox avec quelques composés organiques (acides humiques et fulviques, phénols, etc.). Pour l'élimination de métaux est moins efficace que le sable recouvert d'oxyde de Fer.
Phoslock	Adsorbent commercial. Il est une bentonite complexée avec du lanthane, une terre rare. Il prendre bien phosphate.
Sable revêtu d'oxyde de Graphene	Il a une action similaire au charbon active et peut être utilisé pour l'élimination de composés organiques et inorganiques.
Zéolites modifié avec tensioactif	Il peut être modifié facilement. Normalement ils sont chargé négative.
Déchets des stations d'épuration	Elimination de phosphore et agents pathogènes.



Matériaux testés (Résumé)





Activités à développer pour se conformer à B3.1...

➤ **Caractérisation de l'eau à traiter**

- Identification des micropolluants présents (les composés organiques, les inorganiques et des agents pathogènes)
- Les anions et les cations
- pH et conductivité électrique (CE)

➤ **Caractérisation du matériau** adsorbant utilisé dans le prototype (Rainclean® de chez Funke) afin de simuler le devenir des micropolluants dans le filtre planté.

- SEM/EDS (ou EDX)
- Surface spécifique (BET)
- Taille des pores (DFT)
- Volume des pores (BJH)
- Groupes fonctionnels de surface (FTIR)
- pH et conductivité électrique (CE)





Activités à développer pour se conformer à B3.1...

- **Tests en colonne du matériau adsorbant**, afin de trouver les paramètres caractéristiques du processus d'adsorption des micropolluants provenant des eaux de ruissellement (réel). Ceux-ci peuvent être déterminés à partir de la conception des isothermes d'adsorption.
 - Perméabilité
 - Description de la filtration des MES
 - Advection/dispersion
 - Cinétiques d'adsorption
 - Isothermes en Batch (Langmuir et Freundlich)
 - Adsorption en colonne
 - Évaluer la durée de vie utile du matériau





Activités à développer pour se conformer à B3.1...

- **Proposer d'autres matériaux adsorbants utilisables dans le biofiltre.**
 - Faciles à trouver, économiques, respectueuses de l'environnement et durables.
 - Effectuer aussi les tests précédemment proposés pour Rainclean®.



Les scénarios considérés pour les calculs préliminaires:

Variables colonnes:

- Concentration d'alimentation
- Vitesse de Darcy (v_D)
- Diamètre de la colonne
- Hauteur de la couche de Rainclean

Données du filtre

Q (L/s)	20
CH (m/a)	86
A_f (m ²)	600
v_D (m/s)	$3,3 \cdot 10^{-5}$
$h_{\text{Rainclean}}$ (m)	0,2
$\rho_{\text{Rainclean}}$ (g/L)	460



Colonne



Les scénarios considérés pour les calculs préliminaires:

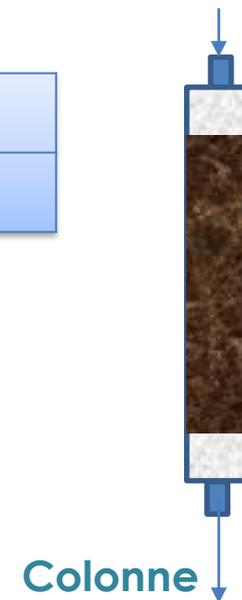
4 scénarios sur la géométrie de la colonne:

Diamètre colonne (cm)	5	8	5	5
Hauteur colonne (cm)	20	20	10	5

4 scénarios sur la vitesse d'alimentation:

Vitesse de Darcy (m/s)
3,30E-05
6,60E-05
1,65E-04
3,30E-04

Polluants	Unité	LQ	C_p	* C_p
Zn	$\mu\text{g L}^{-1}$	2	87,6	438
Cu	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,1	103,5	517,5
Pb	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,1	3,1	15,5
Ni	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,5	2,67	13,3
NP	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,1	0,4	4
OP	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,1	0,1	1
BPA	$\mu\text{g L}^{-1}$		0,3	3



2 scénarios pour la concentration d'alimentation:

C_p = Concentration moyenne jours de pluie à Bugeaud

* C_p = 5 (métaux) à 10 fois C_p

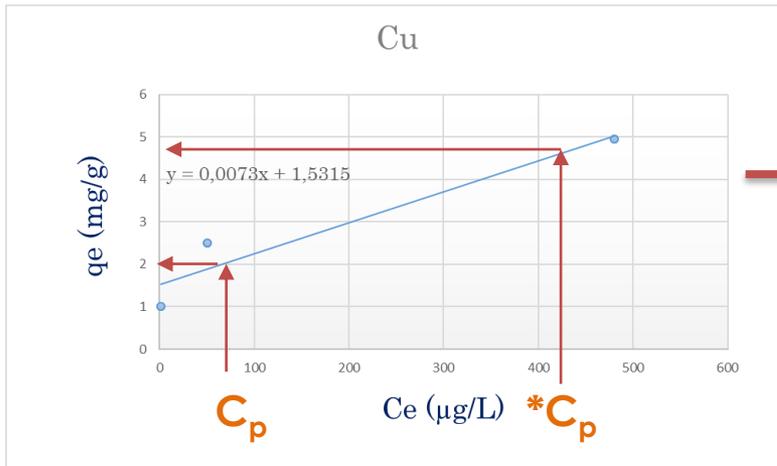


Les calculs:

Concentration initiale

+

Pour chaque scénario de concentration d'alimentation:



Isothermes d'adsorption batch de 2017

q_e (teneur piégée dans le substrat)

Masse percée

Volume percée

TEMPS PERCEE



Concentration eau brute	$\mu\text{g/l}=\text{mg/m}^3$	103,5		Cu	
qe percée	mg/g	2,29			
Masse percée	mg	412,9	1057,1	206,5	103,2
Volume percée	m^3	4,0	10,2	2,0	1,0

Concentration eau brute	$\mu\text{g/l}=\text{mg/m}^3$	87,6		Zn	
qe percée	mg/g	1,04			
Masse percée	mg	188,4	482,3	94,2	47,1
Volume percée	m^3	2,2	5,5	1,1	0,5

Vitesse de Darcy (m/s)					
3,30E-05	Temps percée (j)	713	713	357	178
6,60E-05	Temps percée (j)	357	357	178	89
1,65E-04	Temps percée (j)	143	143	71	36
3,30E-04	Temps percée (j)	71	71	36	18

Vitesse de Darcy (m/s)					
3,30E-05	Temps percée (j)	384	384	192	96
6,60E-05	Temps percée (j)	192	192	96	48
1,65E-04	Temps percée (j)	77	77	38	19
3,30E-04	Temps percée (j)	38	38	19	10

Concentration eau brute	$\mu\text{g/l}=\text{mg/m}^3$	3,1		Pb	
qe percée	mg/g	0,15			
masse percée	mg	26,5	67,9	13,3	6,6
volume percée	m^3	8,6	21,9	4,3	2,1

Concentration eau brute	$\mu\text{g/l}=\text{mg/m}^3$	2,67		Ni	
qe percée	mg/g	1,00			
masse percée	mg	180,5	462,2	90,3	45,1
volume percée	m^3	67,6	173,1	33,8	16,9

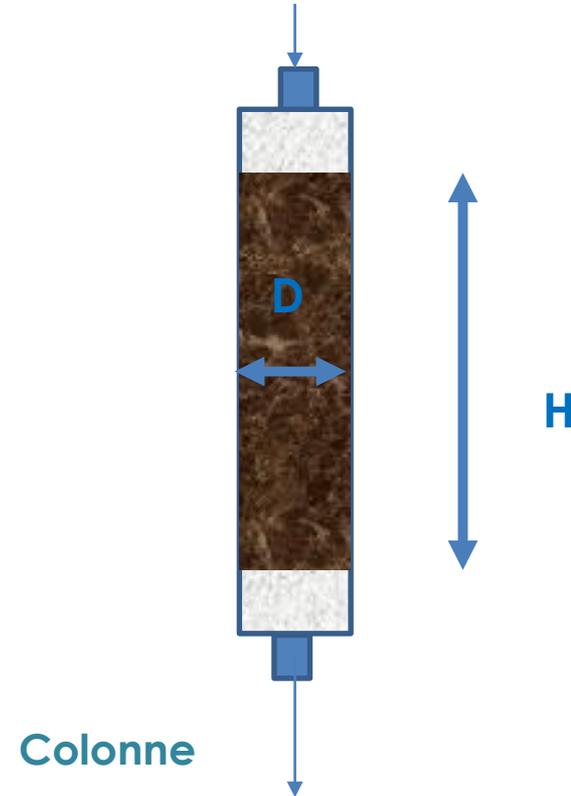
Vitesse de Darcy (m/s)					
3,30E-05	Temps percée (j)	1529	1529	765	382
6,60E-05	Temps percée (j)	765	765	382	191
1,65E-04	Temps percée (j)	306	306	153	76
3,30E-04	Temps percée (j)	153	153	76	38

Vitesse de Darcy (m/s)					
3,30E-05	Temps percée (j)	12085	12085	6042	3021
6,60E-05	Temps percée (j)	6042	6042	3021	1511
1,65E-04	Temps percée (j)	2417	2417	1208	604
3,30E-04	Temps percée (j)	1208	1208	604	302



Les décisions (Conclusions):

- $D = 5 \text{ cm}$ $H = 20 \text{ cm}$
- $v_D = 5 v_{DR}$
- $C_p >$ Concentration moyenne des jours de temps de pluie





MERCI BEAUCOUP!!